

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



EFFECTO DE PRETRATAMIENTOS SOBRE CALIDAD POSTCOSECHA DE JACA (*Artocarpus heterophyllus*) MÍNIMAMENTE PROCESADA

Por:

ADILENE RODRÍGUEZ ANRUBIO

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México
Mayo del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**EFFECTO DE PRETRATAMIENTOS SOBRE CALIDAD POSTCOSECHA DE JACA
(Artocarpus heterophyllus) MÍNIMAMENTE PROCESADA**

Por:

ADILENE RODRÍGUEZ ANRUBIO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR

Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor Principal

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Coasesor

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Coasesor

Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**EFFECTO DE PRETRATAMIENTOS SOBRE CALIDAD POSTCOSECHA DE JACA
(Artocarpus heterophyllus) MÍNIMAMENTE PROCESADA**

Por:

ADILENE RODRÍGUEZ ANRUBIO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:


INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Presidente



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó

Vocal



M.C. Alberto Rodríguez Hernández

Vocal



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Vocal Suplente

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme permitido ser parte de esta institución, por formarme profesionalmente y por todas las experiencias vividas en mi estancia como estudiante. Orgullosamente Buitre.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** a quien admiro por ser una persona que ama su trabajo, por ser una mujer que lucha por sus ideales y siempre logra sus metas, gracias por su amistad y confianza, y sobre todo por su valiosa tutoría en todo el proceso para la realización del presente trabajo.

Al **M.C. Alberto Rodríguez Hernández** por su colaboración para mi formación profesional, por su amistad brindada y por todo su apoyo para la realización del presente trabajo.

Al **M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla** por sus conocimientos transmitidos y por formar parte del presente trabajo gracias por su valiosa colaboración.

A el **Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó** por su valiosa colaboración para la culminación del presente trabajo.

A el **Dr. Porfirio Juárez López** por su amistad, y por su valiosa colaboración en elaboración del presente trabajo.

A todos los maestros que colaboraron en mi formación académica, trasmitiéndome sus conocimientos.

A mis amigos **Nancy Elizabeth, Paola Jazmín, Omar Valente y Jorge Adith**, con los cuales compartí momentos buenos y malos, quienes me dieron la oportunidad de convivir con ellos y formar parte de su vida durante mi estancia en la Narro.

A **María Isabel Martínez García** por la confianza que me dio, su amistad, por todos esos consejos y muestras de cariño. Doy gracias a Dios de haber tenido la fortuna de conocerla es una persona digna de admiración y respeto.

Al **Sr. Martin Limón Velázquez** por su amistad, por su gran cariño y aprecio, por sus consejos y por siempre estar al pendiente de mí durante mi estancia en Saltillo.

DEDICATORIAS

A **Dios**, por darme la vida, por guiarme e iluminarme para la culminación de mi carrera profesional, por todas esas bendiciones a lo largo de mi vida.

A mis padres

Alejandro Rodríguez Rojas y Marcelina Anrubio Barreto

Gracias al gran sacrificio que hicieron para poder brindarme un mejor futuro, pude concluir mi carrera este logro también es de ustedes, gracias por todo su amor, cariño, comprensión y consejos. Por siempre estar pendiente de mí aún en la distancia, son mi fortaleza espero y se sientan orgullosos de mí los AMO MUCHO.

A mi abuelita **María Barreto Leana** mi segunda madre quien siempre se ha preocupado por mi bienestar, quien desde niña me ha considerado como su hija. Le dedico con todo mi amor el presente trabajo.

A mis hermanos

César Rodríguez Anrubio

Quien fue el que me motivo a entrar a la Narro, hemos estado siempre juntos compartiendo buenos y malos momentos, alentándonos el uno al otro compartiendo nuestros proyectos de vida. Y espero en Dios seguir así caminando juntos TE AMO.

Alejandro Rodríguez Anrubio

Mi hermanito el menor, aunque nos separe la distancia siempre estas presentes en mis pensamientos y oraciones. Espero y estés orgulloso de mí y ser un ejemplo para ti TE AMO.

A mis primos

José Armando Anrubio Herrada y Luis Antonio Sosa Rodríguez †

Con quienes conviví gran parte de mi vida, pasamos momentos agradables, y su repentina partida deja un gran vacío en mí. Les dedico este trabajo y espero y estén orgullosos de este logro.

A mis tíos, tías y primos, por todo su apoyo en los momentos difíciles y por ser parte de mi familia.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS.....	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Origen de importancia del cultivo	5
2.2 Descripción botánica	6
2.3 Importancia nutricional	10
2.4 Variedades comerciales	11
2.5 Cosecha y fisiología postcosecha	12
2.6 Manejo postcosecha	13

2.7 Aceites esenciales.....	14
2.7.1 Composición de aceites esenciales	15
2.7.2 Actividad microbiana de los aceites esenciales	17
2.8 Evaluación sensorial	19
2.8.1 Definición	20
2.8.2 Objetivos y finalidad de la evaluación sensorial	20
2.8.3 Las propiedades sensoriales de los alimentos.....	21
2.8.4 Tipo de jueces.....	22
2.8.5 Tipos de pruebas sensoriales	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Equipo utilizado en el laboratorio	27
3.1.1 Materia prima utilizada	27
3.1.2 Material utilizado para la prueba sensorial.....	28
3.2 Obtención de fruto Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).	28
3.3 Preparación de tratamientos	30
3.3.1 Aplicación de los tratamientos	30
3.4 Determinación del grado de encafecimiento (absorbancia).	31
3.5 Análisis microbiológico de Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) cuenta total y hongos y levaduras los días 3 y 10 días de almacenamiento.....	31
3.6 Análisis sensorial.....	35

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 Determinación del grado de encafecimiento (absorbanca).	36
4.2 Análisis microbiológico	38
4.3 Análisis sensorial.....	39
4.3.1 Aceptación global.....	39
4.3.2 Color	41
4.3.3 Olor	42
4.3.4 Textura.....	43
4.3.5 Sabor	44
V. CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
LITERATURA CITADA	47
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de Jaca en una huerta comercial de Tepic, Nayarit, México.	9
Figura 2. Imagen de la Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) entera.	29
Figura 3. Imagen del corte de la Jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).	30
Figura 4. Medios de cultivo.	32
Figura 5. Autoclave.	32
Figura 6. Preparación de diluciones decimales.	33
Figura 7. Incubación de bacterias mesófilas.	34
Figura 8. Incubación de hongos y levaduras.	34
Figura 9. Análisis de evaluación sensorial.	35
Figura 10. Comparación en cuanto al grado de absorbancia de los tratamientos aplicados a la Jaca.	37
Figura 11. Comparación del crecimiento microbiológico de los tratamientos aplicados a la Jaca.	38
Figura 12. Comparación de la aceptación global de los tratamientos aplicados a la Jaca.	40
Figura 13. Comparación en cuanto al color de los tratamientos aplicados a la Jaca. ...	41
Figura 14. Comparación en cuanto al olor de los tratamientos aplicados a la Jaca.	42
Figura 15. Comportamiento en cuanto a la textura en los tratamientos que se aplicaron a la Jaca.	43
Figura 16. Comparación en cuanto al sabor de los tratamientos aplicados a la Jaca. ...	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal de frutos jóvenes, fruto maduros y semillas de Jaca con base en 100 g de peso fresco.....	10
Cuadro 2. Principales variedades de <i>A. heterophyllus</i> cultivadas en Australia.....	11
Cuadro 3. Principales compuestos con actividad antimicrobiana en los aceites de canela y orégano.....	16
Cuadro 4. Diversas definiciones de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI).	17

RESUMEN

En el presente trabajo se establecieron las condiciones y los pretratamientos a aplicar a la jaca mínimamente procesada, se evaluaron las propiedades de calidad y se realizó una evaluación sensorial de nivel de agrado. El objetivo general fue determinar el efecto de los pretratamientos sobre los parámetros postcosecha de la jaca mínimamente procesada.

Se evaluó el grado de encafecimiento (absorbancia) de los tratamientos aplicados a la jaca y se determinó que el tratamiento con aceite de tomillo tiene mayor actividad antioxidante.

Se realizó un análisis microbiológico cuenta total de bacterias mesofílicas y de hongos y levaduras, el tratamiento con mayor inhibición en cuanto al crecimiento microbiológico fue el de tomillo debido a su actividad antimicrobiana.

La evaluación sensorial se realizó con 31 panelistas semientrenados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los panelistas analizaron las características de: aceptación global, color, olor, textura y sabor, empleando la prueba hedónica, con una escala de 9 puntos, donde la calificación de 1 “extremadamente desagradable” y 9

“extremadamente agradable”. Se puede notar que no existe diferencia en el parámetro de textura.

En los parámetros de aceptación global, color, olor y sabor sí existe diferencia significativa, esto se debe a que los tratamientos aplicados fueron aceites esenciales los cuales tienen un olor y sabor muy característico y es fácil de percibir. Esto también influye en el color y la aceptación global.

Palabras clave: Jaca, mínimamente procesada, pretratamientos, postcosecha, aceites esenciales y evaluación sensorial.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menos proporción de carbohidratos, grasas y aceites y con una mayor participación de la fibra dietética, vitaminas y minerales. Esto se fundamenta, en parte, en las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizada por un mayor confort y sedentarismos. Sin embargo, la tendencia es cada vez consumir productos más frescos y sanos, y lo más parecido a su forma original.

Esto debido a que se ha asociado el consumo de conservadores químicos con intoxicaciones, cáncer y otras enfermedades degenerativas, como son los benzoatos, nitritos y nitratos, anhídrido sulfuroso (SO₂), entre otros. Esto genera la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento (Rodríguez, 2011).

La producción de frutas y hortalizas mínimamente procesadas (FyHMP) ha crecido notoriamente tanto en cantidad como en variedad, debido a que proporcionan al consumidor un producto similar al fresco (Denoya *et al.*, 2012).

Esta nueva tendencia de mercado ha obligado a desarrollar nuevas tecnologías para conservar las características de frescura de estos productos, alargar su vida de anaquel

y garantizar su inocuidad. Los tratamientos con aditivos, el envasado en atmósferas modificadas, el uso de aceites esenciales como antioxidantes y antimicrobianos, y la aplicación de películas comestibles son algunas de las tecnologías más destacadas en los últimos años (Pérez y López, 2011).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de los pretratamientos sobre los parámetros postcosecha de la jaca mínimamente procesada, así como establecer las condiciones y los pretratamientos a aplicar, evaluar las propiedades de calidad y por último realizar una evaluación sensorial de nivel de agrado.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un fruto exótico que se distingue por sus propiedades organolépticas, características nutricionales y su peculiar tamaño. La apariencia, color y firmeza son características que contribuyen a la calidad del fruto de jaca, siendo los bulbos los más importantes para el consumidor. En México, recientemente hay gran interés por exportar estas frutas, principalmente a los Estados Unidos y Canadá. El mercado norteamericano es un gran consumidor de frutas tropicales; lo que favorece la diversificación de las frutas con posibilidades de exportación y la creación de nuevos mercados, sobre todo de frutos exóticos. Sin embargo, la limitación más importante en el manejo de frutas tropicales es su corta vida postcosecha. La Jaca es un fruto climatérico altamente perecedero, cuya vida de anaquel es de cinco a diez días a temperatura ambiente. La progresiva pérdida de firmeza y el progresivo cambio de color de los bulbos de jaca es consecuencia del proceso de maduración, lo cual se debe

a los cambios que sufren los polisacáridos, como el almidón, pectinas, celulosas y hemicelulosas, debido a acciones enzimáticas a nivel de pared celular (Romero- Reyes *et al.*, 2017).

La finalidad de esta investigación es probar pretratamientos sobre los parámetros postcosecha de la jaca mínimamente procesada, evaluar los parámetros de calidad en los días 3 y 10 durante el almacenamiento a temperatura de 5 – 7 °C. Asimismo, realizar una evaluación sensorial de nivel de agrado de los atributos de aceptación global, color, olor, textura y sabor.

Las frutas mínimamente procesadas son una interesante opción saludable como producto preparado y de fácil consumo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de los pretratamientos sobre los parámetros postcosecha de la jaca mínimamente procesada.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer las condiciones y los pretratamientos a aplicar en la jaca mínimamente procesada.
2. Evaluar las propiedades de calidad de jaca mínimamente procesada en los días 3 y 10 durante el almacenamiento a 5 – 7 °C.
3. Realizar una evaluación sensorial de nivel de agrado de los atributos de aceptación global, color, olor, textura y sabor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de importancia del cultivo

La Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un frutal tropical originario del sureste de la India, aunque se encuentra distribuido también en Australia, Isla Mauricio, Kenia, Uganda, Brasil, Jamaica, Las Bahamas, Estados Unidos (Florida y Hawaii) y México (Crane y Balerdi, 2000). Esta especie pertenece a la familia Moraceae, cuyos frutos varían de 1.6 a 25 kg (Pushkumara, 2006), aunque se han reportado frutos que alcanzan 50 kg. Algunos nombres comunes con los que se conoce a la yaca en el mundo son: jackfruit (inglés); jacquier (francés) y jaca o yaca (español y portugués) (Love y Paull, 2011).

Los frutos de jaca son altamente apreciados por su valor nutrimental, además de que se puede consumir como fruta fresca, curtido y cocinado, en distintas formas como dulces, paletas y nieves. El fruto fue introducido en Nayarit, México en la década de 1960 y cuya producción se destina principalmente a Estados Unidos de América (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

En México, en el año 2015 se cultivaron 1,062 hectáreas (ha) de jaca, con una producción de 16,815.7 toneladas (t), rendimiento de 15.84 t ha⁻¹, y valor de la producción de \$ 102,868,240 pesos. Nayarit ocupa el primer lugar en superficie cultivada con 90 % (962 ha), seguido de Veracruz con 5 % (52 ha) y Jalisco con 3 % (37 ha). Sinaloa, Michoacán, Colima e Hidalgo en conjunto producen 2 % de la superficie cultivada (SIAP, 2017).

Clasificación taxonómica

De la Jaca existen infinidad de especies distribuidas principalmente en los países orientales, donde se les encuentra en forma silvestre, siendo una de las de mayor importancia *Artocarpus heterophyllus*, cuya clasificación taxonómica es (COFUPRO, 2013; Crane y Balerdi, 2000):

Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
División	Antophyta
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledoneas
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	<i>Artocarpus</i>
Especie	<i>Heterophyllus</i>

2.2 Descripción botánica

a) Raíz

La raíz es pivotante, ramificada, muchas de las especies tropicales y subtropicales carecen de pelos radiculares, de tal manera que las raíces son menos eficientes para la obtención del agua.

b) Tallo

Recto, cilíndrico, sin apoyos de ramas bajas de 30 a 100 cm de diámetro, corteza gruesa, áspera, de color gris y con corona densa, irregular o globosa; árbol pequeño que puede alcanzar tamaño mediano de 10 a 25 metros de altura. Las ramas son cilíndricas con pelos diseminados, colocados irregularmente y curvados cuando son jóvenes que se vuelven lisos después; tienen numerosas lenticelas y cicatrices anulares de estípulas caídas y son amplexículas, ovaladas, triangulares, agudas, pubescentes en el dorso, pálidas y lisas por dentro, fugaces, de 1 a 2.5 cm de largo; los de la rama de floración son las más largas y grandes.

c) Hojas

Son alternas, pecioladas, ovaladas-oblongas-elípticas u ovaladas, la base cuneiforme u obtusa, el ápice redondeado y obtusamente acuminado, entero y generalmente lobado en los árboles jóvenes, coriáceo, tieso de color verde oscuro y brillante por arriba, verde pálido y al principio hispiduloso, volviéndose pronto liso por debajo de 10 a 20 cm. de largo, de 5 a 10 cm de ancho y pinotinerado, con muchas venas firmemente reticuladas; las nervaduras laterales en cualquier lado de la vena media robusta alcanzan la cantidad de 5 a 8 y son arqueadas prominentes por debajo y de color verde pálido; el peciolo está surcado en el lado anterior, peludo y de 2 a 4 cm. de largo.

d) Flores

En la Jaca se conocen dos tipos de flores, aunque generalmente las inflorescencias son pedunculadas, solitarias en las axilas de las ramas cortas, gruesas en el tronco y las ramas principalmente; amentiformes, generalmente unisexuales, monoicas; las femeninas tienen un anillo carnoso en la base, de color verde, oloroso y de 4 a 15 cm de largo; son solitarias o germinadas en las axilas más bajas y son más grandes y tienen pedúnculos más gruesos que las masculinas.

Las inflorescencias masculinas son mucho más numerosas, ocupando las axilas superiores, con pedúnculo más largo y son oblongos, y oblongos-clovados, obtusos o redondeadas en ambos extremos. Los ovarios son oblongos y comprimidos, el estilo apical e insertado oblicuamente, el estigma clovado; el sin carpio es grande, oblongo, liso, arado con espinas cortas triangulares hexagonales, piramidales, acuminadas, de 30-90 cm. de largo y de 25-50 cm de diámetro. Los aquenios son grandes y oblongos y reuniformes; el pericarpio es de color amarillo-dorado, coreacio y jugoso.

e) Fruto

Consiste en un pedúnculo carnoso sumamente agrandado y numerosos carpelos que se han fusionado, con la cubierta exterior constituida por una cáscara más o menos gruesa, por lo que técnicamente se le conoce como fruto múltiple o sincarpio. La pulpa, es jugosa, y el pericarpio, que rodea a las semillas grandes, es la parte comestible, maduran más o menos en ocho meses después de la floración y generalmente se les encuentran en todos los estados de desarrollo en los árboles.



Figura 1. Frutos de Jaca en una huerta comercial de Tepic, Nayarit, México.

Fuente: Cortesía del Dr. Porfirio Juárez López.

2.3 Importancia nutricional

La variación de niveles de grasas, minerales y vitaminas se presentan en el Cuadro 1. Adicionalmente, cuando se compara el fruto de Jaca con otros frutos tropicales como naranja, plátano, mango, piña y papaya, la pulpa de Jaca y las semillas contienen cuantitativamente más proteína calcio, hierro y tiamina y son buena fuente de nutrientes esenciales (Shrinath-Baliga *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Composición proximal de frutos jóvenes, fruto maduros y semillas de Jaca con base en 100 g de peso fresco.

Composición	Frutos jóvenes	Fruto maduro	Semilla
Agua (g)	76.2–85.2	72.0–94.0	51.0–64.5
Proteína	2.0–2.6	1.2–1.9	6.6–7.04
Grasa (g)	0.1–0.6	0.1–0.4	0.40–0.43
Carbohidratos (g)	9.4–11.5	16.0–25.4	25.8–38.4
Fibra (g)	2.6–3.6	1.0–1.5	1.0–1.5
Azúcares totales (g)	–	20.6	–
Minerales			
Minerales totales (g)	0.9	0.87–0.9	0.9–1.2
Calcio (mg)	30.0–73.2	20.0–37.0	50
Magnesio (mg)	–	27	54
Fósforo (mg)	20.0–57.2	38.0–41.0	38.0–97.0
Potasio (mg)	287–323	191–407	246
Sodio (mg)	3.0–35.0	2.0–41.0	63.2
Hierro	0.4–1.9	0.5–1.1	1.5

Vitaminas			
Vitamina A (IU)	30	175–540	1-17
Tiamina (mg)	0.05–0.15	0.03–0.09	0.25
Riboflavina (mg)	0.05–0.2	0.05–0.4	0.11–0.3
Vitamina C (mg)	12.0–14.0	7.0–10.0	11
Energía (Kj)	50–210	88–410	133–139

Fuente: Arkroyd *et al*, 1966.

2.4 Variedades comerciales

En el Cuadro 2 se presentan las principales características de variedades cultivadas en Australia (Biswas *et al.*, 1984).

Cuadro 2. Principales variedades de *A. heterophyllum* cultivadas en Australia.

Variedad	Peso fruto total (g)	No. de semillas	Peso semillas (g)	Peso pulpa (g)	% pulpa	Forma fruto	Color fruto	Color pulpa
Sing	1900	140	3.6	500	26	Redonda	Café	Amarillo claro
Commings	2500	14	3.6	900	36	Ovalada	Verde	Amarillo más claro
Adelaide Park	5600	180	7.8	1400	25	Ovalada	Verde	Amarillo más claro
Bosworth	3200	140	3.3	1100	34	Redonda	Café	Amarillo claro
Mackay Seminar	2600	19	6.3	700	27	Deforme	Verde	Amarillo claro
Cummins	1200	61	3.3	260	22	Ovalada	Verde	Semi-amarillo
Musumeci	4300	288	5.6	600	14	Ovalada	Verde	Amarillo fuerte
Musumeci	3200	74	6.8	1500	47	Ovalada	Verde	Amarillo brillante claro
Spears	4000	184	4.3	1800	45	Ovalada	Verde	Amarillo pálido

En Nayarit, México, se cultiva el genotipo llamado localmente 'Agüitada' que se ha propagado de forma asexual (enraizado de estacas). El árbol de este genotipo presenta hojas pequeñas y enrolladas en los bordes, con pocas hojas en comparación con otras variedades; es de porte bajo y muestra tolerancia a los vientos, plagas y enfermedades. Su fruto es uniforme, con un periodo de crecimiento de 2.5 meses, y en invierno de cuatro meses, con peso entre 8 y 9 kg, pulpa naranja, de sabor y textura agradables, y cáscara delgada, que son características deseables para el mercado de exportación (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

2.5 Cosecha y fisiología postcosecha

Existe escasa información relacionada con las características fisiológicas del fruto, pero normalmente se cosecha después de los 81 días posteriores a la antesis, dependiendo de la región y del tipo de jaca cultivada. Normalmente, el color del pedúnculo y del fruto se utiliza como índice de cosecha, sin embargo, el índice puede depender del uso final del fruto, por ejemplo, industrialización o consumo como fruta fresca. En caso de que se dificulte la diferenciación de color, se puede realizar una lesión en el pedúnculo para provocar la salida del látex; el hecho de que éste no se coagule inmediatamente es un indicador de que el fruto está listo para la cosecha. El fruto es climatérico, con alta intensidad respiratoria y, como en el caso del fruto del pan (*Artocarpus altilis*), especie del mismo género, se reportan picos respiratorios de 330 y 200 mL kg⁻¹ h⁻¹ al inicio y al final del proceso de maduración, y picos de etileno muy bajos de entre 1.0-1.5 y 0.7-0.12 µL kg⁻¹ h⁻¹ en el mismo orden, a 25-30 °C (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

Durante el proceso de maduración se presentan cambios en la composición del fruto; en el cultivar J3 distribuido en Malasia se reportan incrementos de acidez titulable de 0.3 a 0.9 %, expresado como ácido málico, aunque otros autores la reportan entre 0.1-0.2 %; estas diferencias se atribuyen a la variedad utilizada. Los ácidos presentes en la jaca son el málico y cítrico, mientras que los ácidos succínico y oxálico se encuentran en pequeñas cantidades. Los sólidos solubles totales alcanzan los 20 °Brix o más, y el azúcar dominante es la sacarosa, con alrededor de 5% en fruto maduro; 0.33-0.40 % de fibra cruda, y 1% de cenizas. En relación con los carotenoides, algunos materiales de jaca presentan tonalidades de amarillo a naranja; de hecho, las semillas contienen β -caroteno, α -caroteno y β -zeacaroteno; además, se han encontrado más de 20 compuestos volátiles que contribuyen al aroma complejo del fruto y cuya concentración varía a lo largo del proceso de maduración (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

2.6 Manejo postcosecha

En Nayarit, México, después de la cosecha la fruta se transporta al empaque en capas divididas por cartón para evitar fricciones entre los frutos. Cuando llega a la empacadora se realiza la selección descartando aquellos que no reúnen los requisitos de calidad (índice de madurez, uniformidad y sanidad). Los problemas más frecuentes son maduración avanzada, deformación del fruto y pedúnculo, así como pudrición y hundimiento del pedúnculo.

El fruto seleccionado se limpia con aire comprimido, a fin de eliminar polvo, ácaros, insectos u otros materiales físicos. Posteriormente, los frutos se pesan y se lavan en una solución con hipoclorito de calcio; se dejan escurrir y nuevamente se realiza otra inmersión, pero ahora en solución fungicida, cuidando el pH del agua para obtener una mayor estabilidad de la solución. Finalmente, los frutos se secan y se procede a sellar el pedúnculo con oxiclورو de cobre para evitar desarrollo de hongos, obstruir la salida de látex y evitar daños por corrosión al fruto durante el almacenamiento y transporte. Dependiendo del tamaño del fruto se colocan de uno a tres frutos en cajas de 40x50x25 cm, que tienen aberturas para favorecer la circulación del aire en el contenedor. La temperatura durante el transporte es de 12-14 °C, toda vez que es un fruto sensible a daños por frío (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

2.7 Aceites esenciales

Los aceites esenciales derivados de plantas han sido ampliamente utilizados por sus actividades fungicidas, insecticidas y microbianas, y se ha encontrado que los aceites esenciales de tomillo, orégano, menta, canela, salvia y clavo poseen las más potentes propiedades microbianas; asimismo, son generalmente reconocidos como seguros y se usan comúnmente en la medicina naturista como saborizantes y aromatizantes en alimentos, y en la industria de fragancias. En general, en el orégano, la especie más común es *Origanum vulgare* y la concentración de aceite esencial varía desde 1.1 a 6 %. Respecto a la canela, la especie más común es *Cinnamomum zeylanicum* y su concentración de aceite esencial oscila entre 0.5 a 3.0 % (Gómez y López, 2009). Por su

parte, la concentración de aceite esencial en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris*) es de 1.0 a 2.5 % (Rosas y López, 2011).

2.7.1 Composición de aceites esenciales

El aceite esencial de canela está compuesto principalmente de trans-cinamaldehído o aldehído cinámico, y en menor grado de eugenol. Los componentes del aceite esencial de orégano son los fenoles carvacrol y timol, y de los monoterpenos α -terpineno y *p*-cimeno, los cuales son precursores biológicos del carvacrol y el timol; estos cuatro compuestos constituyen entre el 80 y 90% de la composición total del aceite esencial (Gómez y López, 2009).

Asimismo, el aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) está constituido principalmente por fenoles monotépicos, como timol, carvacrol, *p*-cimeno, α -terpineno, limoneno, borneol y linalol. No obstante, se debe tomar en cuenta que la composición del aceite esencial es variable según la época y lugar de la cosecha, además de los diferentes quimiotipos (Tohidi *et al.*, 2017; Fumiere-Lemus *et al.*, 2017). Se conocen dos clases de aceite esencial de tomillo: aceite de tomillo rojo y aceite de tomillo blanco. Otros componentes también sobresalientes del aceite de tomillo son los ácidos fenólicos derivados del ácido cinpámico (ácidos cafeico y rosmarínico), triterpenos (ácido ursólico y oleanólico), saponinas, taninos y un principio amargo (serpilina). Numerosos estudios han demostrado que el aceite esencial de tomillo es uno de los aceites esenciales más potente en relación con propiedades antimicrobianas. El timol y el carvacrol son algunos

de los componentes más activos contra múltiples patógenos transmitidos por los alimentos (Rosas y López, 2011).

En el Cuadro 3 se presentan los principales compuestos con actividad antimicrobiana de los aceites de canela y orégano.

Cuadro 3. Principales compuestos con actividad antimicrobiana en los aceites de canela y orégano.

Nombre común	Nombre científico	Compuesto	Concentración (%)
Canela	<i>Cyannamommum zeylanicum</i>	Trans-cinamaldehído	50 – 80
		Eugenol	10
		Safrol	0 – 11
		Linalol	10 – 15
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol	0 – 80
		Timol	0 – 64
		γ-Terpineno	2 – 52
		p-Cimeno	0 – 52

Fuente: Adaptado de Burt , 2004.

Varios estudios indican que la composición de los aceites esenciales de una especie particular de planta es afectada por diversos factores, entre ellos, el origen geográfico de la planta, la estación del año de cosecha e incluso la parte de la planta donde proviene el aceite. De igual forma, ha sido reportado que especies del género *Origanum* se caracterizan por tener diferencias tanto en el contenido de aceite esencial como en su composición química, y se ha observado que los contenidos de timol y carvacrol varían aún entre plantas de la misma especie (Fumiere-Lemus *et al.*, 2017; Nezhadali *et al.*, 2014).

2.7.2 Actividad microbiana de los aceites esenciales

Una medida de la actividad microbiana de los aceites esenciales que es reportada por la mayoría de los investigadores es la concentración mínima inhibitoria. Sin embargo, aún existen diferencias en la definición de este término entre los diversos autores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diversas definiciones de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI).

Definición	Referencia
Mínima concentración para mantener o reducir la viabilidad del inóculo.	Carson <i>et al.</i> (1995)
Mínima concentración requerida para la inhibición completa del organismo de prueba en 48 horas de incubación.	Canillac y Mourey (2001)
Mínima concentración para inhibir el crecimiento visible del organismo de prueba.	Delaquis <i>et al.</i> (2002)
Mínima concentración para lograr una disminución significativa (mayor a 90 %) en la viabilidad del inóculo.	Consentino <i>et al.</i> (1999)

Fuente: Adaptado de Burt, 2004.

Algunas concentraciones mínimas inhibitorias reportadas para el aceite esencial de orégano, en unidades de $\mu\text{L mL}^{-1}$, obtenidas de pruebas *in vitro* contra bacterias patógenas son: 2.1 para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Candida albicans* y *Klebsiella pneumoniae*, de 2.5 para *Enterococcus faecalis*, y de 20.0 para *Pseudomonas aeruginosa*; asimismo, se ha reportado carvacrol con valor de $250 \mu\text{g mL}^{-1}$ como concentración mínima inhibitoria para *Penicillium digitatum*. Respecto al aceite esencial de canela, aldeído cinámico y de eugenol, se han reportado valores de 200, 150, y 125 ppm, respectivamente, para *Aspergillus parasiticus*,

y valores de concentración mínima inhibitoria en fase gaseosa de 438.6 a 877.19 $\mu\text{L L}^{-1}$ de aire para los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Gómez y López, 2009).

Espina *et al.* (2011) extrajeron aceites esenciales de naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus lemon*) y mandarina (*Citrus reticulata*), los cuales mostraron actividad antimicrobiana contra microorganismos patógenos (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella enterica*).

La propiedad antimicrobiana del extracto de tomillo está asociada por su carácter lipofílico a la acumulación en membranas y los subsecuentes eventos en la membrana como pérdida de energía. El mecanismo por el cual los microorganismos son inhibidos por compuestos fenólicos incluye la sensibilización de la bicapa fosfolípida de la membrana celular, causando un incremento en la permeabilidad y pérdida de constituyentes celulares vitales o daño de las enzimas bacterianas (Rosas y López, 2011).

Landera-Valenzuela (2016), evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre el desarrollo de *Penicillium expansum in vitro*, e *in vivo* sobre frutos de pera (*Pyrus communis*) cultivar Anjou en postcosecha. Los mismos autores reportaron que en el experimento *in vitro* cuando la concentración de aceite de canela fue de 300 $\mu\text{L L}^{-1}$ el crecimiento micelial del patógeno se inhibió 81 h después de haber sido sembrado en el medio de cultivo. Los modelos matemáticos generados permitieron estimar que la producción de esporas disminuyó en concentraciones superiores a 135 $\mu\text{L L}^{-1}$. En el experimento *in vivo* el desarrollo de la enfermedad fue estadísticamente similar cuando el patógeno estuvo creciendo sobre

frutos de pera asperjados con $300 \mu\text{L L}^{-1}$ de aceite esencial de canela comparado con el desarrollo de la enfermedad sobre frutos de pera asperjados con Imazalil a 500 mg L^{-1} (testigo comercial).

Gómez y López (2009) indican que debido al interés por el potencial uso de los aceites esenciales vegetales como antimicrobianos naturales en alimentos, actualmente existe una demanda creciente para obtener en forma precisa los valores de concentración mínima inhibitoria de los diversos aceites esenciales, con la finalidad de establecer un balance entre la aceptación sensorial y la eficacia antimicrobiana, lo cual puede realizarse mediante estudios *in vitro* e *in vivo*.

2.8 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial surge como una disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en el laboratorio e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de calidad y para su promoción y venta (Hernández, 2005).

Son diversas las aplicaciones de esta ciencia, la cual desempeña un papel clave en el ciclo de vida de un producto, de ahí que no se concibe el análisis de un alimento, si no va aparejado de la evaluación de sus propiedades organolépticas mediante pruebas

sensoriales, destacandose la importancia de dicha disciplina no sólo en la actualidad sino también en el futuro (Espinosa, 2007).

2.8.1 Definición

Es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, 2005).

2.8.2 Objetivos y finalidad de la evaluación sensorial

La importancia de la evaluación sensorial en la industria de los alimentos radica principalmente en varios aspectos como:

- Control del proceso de elaboración: la evaluación sensorial es importante en la producción, ya sea debido al cambio de algún componente del alimento o porque se varíe la formulación; a la modificación de alguna variable del proceso o tal vez por la utilización de una maquina nueva o moderna.
- Control durante la elaboración del producto alimenticio: el análisis sensorial se debe realizar a cada una de las materias primas que entran al proceso, al producto intermedio o en proceso, al producto terminado. Esto permite hacer un seguimiento al producto evitando o previniendo algunos inconvenientes que puedan alterar las características del producto en cada etapa del proceso.
- Vigilancia del producto: este principio es importante para la estandarización, la vida útil de producto y las condiciones que se debe tener en cuenta para la comercialización de los productos cuando se realizan a distancias alejadas de

la planta de procedimiento o cuando son exportadas, ya que se deben mantener las características sensoriales del producto durante toda el trayector hasta cuando es preparado y consumido.

- Influencia del almacenamiento: es necesario mantener el producto que se encuentra en almacenamiento, bajo condiciones óptimas para que no se alteren las características sensoriales.
- Sensación experimentada por el consumidor: se basa en el grado de aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor, ya sea comparandolo con uno del mercado (competencia), con un producto nuevo con nuevas formulaciones o simplemente con un cambio en alguno de los componentes con el fin de mejorarlo.
- Además de medir la aceptación de un producto, la evaluación sensorial permite también medir el tiempo de vida útil de un producto alimenticio (Hernandez, 2005).

2.8.3 Las propiedades sensoriales de los alimentos

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detecta por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades quinestésicas o texturales (Picallo, 2009).

- La apariencia: representa todos los atributos visibles de un alimento. La primera impresión que se recibe siempre es la visual que cumple el rol del factor de decisión al momento de la compra. De la combinación de las propiedades

ópticas, la forma física y el modo de presentación surge la imagen del producto que se quiere describir con el objeto de asignarle identidad y calidad (Picallo, 2009).

- El olor: es producido por los alimentos por la volatilización de sustancias que se esparcen por el aire llegando hasta la nariz (Hernandez, 2005).
- El gusto: se detecta en la cavidad oral, específicamente en la lengua, donde se perciben los cinco gustos básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami.
- Cuando los alimentos están en la boca, los componentes volátiles percibidos por la nariz, por vía retronasal determinan el aroma (Picallo, 2009).
- La textura: conjunto de propiedades físicas que dependen tanto de la estructura macroscópica como microscópica del alimento y que pueden ser percibidas por medio de receptores táctiles de la piel y músculos bucales (Espinosa, 2007).

2.8.4 Tipo de jueces

En el análisis sensorial en instrumento de medición los constituyen las personas que evalúan el producto, de ahí que cuando se emplea un grupo de jueces seleccionados y adiestrados (catadores), estos deben emitir juicios exactos, precisos y reproducibles, lo cual sólo puede lograrse si se realizó de manera adecuada el procedimiento establecido para su formación (Espinosa, 2007).

- **Juez experto**

Persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Debido a su habilidad y experiencia, en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su criterio. Su entrenamiento es muy largo y costoso, por lo que sólo interviene en la evaluación de productos caros. Estos jueces están revisando constantemente sus habilidades y existen muy pocos en todo el mundo.

- **Juez entrenado o panelista**

Persona calificada con habilidad para la detección de algunas propiedades sensoriales, que han recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. Se emplean para pruebas descriptivas y discriminativas complejas.

- **Juez semientrenado o de “laboratorio”**

Personas con un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero generalmente sólo intervienen en pruebas discriminativas sencillas que no requieren una definición muy precisa de términos o escalas.

- **Juez consumidor**

Son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Es importante que sean consumidores habituales del producto a valorar o, en el caso de un producto nuevo, que sean consumidores potenciales de dicho producto (Cordero-Bues, 2013).

2.8.5 Tipos de pruebas sensoriales

Existen tres tipos de principales de pruebas para realizar un análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretende alcanzar en un determinado estudio (Cordero-Bues, 2013).

➤ Pruebas afectivas

Son pruebas en donde los panelistas expresan el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, puede ser frente a otro. Se utilizan escalas de calificación de las muestras.

- **Prueba de preferencia apareada**

En esta prueba se presenta al panelista dos muestras codificadas y se le pide que cual de las dos muestras prefiere y para que sea más representativa se le puede pedir que exponga sus razones sobre la decisión tomada. Para este tipo de prueba se requiere de por lo menos 50 panelistas (Hernandez, 2005).

- **Prueba de ordenamiento**

La prueba consiste en colocar dos muestras o más de manera desordenada, y el juez debe ordenarlas de menor a mayor o viceversa de acuerdo con un atributo dado.

El número de muestras se limita por la naturaleza del estímulo, el órgano de los sentidos que interviene en la evaluación y/o el nivel de entrenamiento de los jueces,

hay que tener en cuenta que no se puede suministrar un número excesivo por originan fatiga sensorial (Espinosa, 2007).

- **Prueba de satisfacción o hedónica**

Consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentarsele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de caritas o figuras faciales (Hernandez, 2005).

- **Pruebas discriminativa**

En estas pruebas se desea establecer si existe diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud de esta diferencia. Este tipo de pruebas son muy utilizadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme. En la pruebas discriminativas sencillas pueden utilizarse jueces semi-entrenados, sin embargo para pruebas más complejas es preferible utilizar jueces entrenados.

Dentro de estas pruebas discriminativas se pueden establecer dos grupos en función de los objetivos buscados:

- a) Si se pretende determinar si existen diferencias entre dos o más productos. Estas pruebas son bastante sencillas: la prueba triangular, la prueba dúo- trío, la prueba dos de cinco, la prueba comparación

apareada simple, la prueba A no A, la prueba de diferencia a muestra control, y la prueba de similitud.

- b) Además de la existencia de diferencias, se pretende determinar la variación de un determinado atributo entre dos o más muestras. Estas pruebas son más complejas que las anteriores, e incluyen la prueba de comparación por pares, la prueba de rangos en pareja (análisis de Friedman) y las pruebas de comparaciones múltiples (Cordero-Bues, 2013).

➤ **Pruebas descriptivas**

El método análisis cuantitativo descriptivo conocido como QDA (Quantitative Descriptive Analysis) se originó en 1974 por Stone y Sidel, basado en los métodos perfiles de sabor y textura. El método tiene como objetivo identificar y cuantificar todas las características sensoriales de un producto y la información generada sirve para construir un modelo multidimensional que describe los parámetros que define a uno o varios productos.

El método es ampliamente utilizado, ofreciendo un perfil sensorial completo del alimento, permite establecer gráficamente patrones que pueden utilizarse en cualquier momento para describir y analizar un producto (Espinosa, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa experimental del presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

3.1 Equipo utilizado en el laboratorio

- Autoclave ALL AMERICAN Modelo 25X
- Balanza Scout Pro OHAUS 600g
- Estufa de secado AF Modelo 40 Lab Oven
- Nutribullet
- Parrilla con agitacion HOT & STIRRER Lab Companion HP- 3100
- Espectrofotometro G3 SYS 10w
- Material de laboratorio de cristal

3.1.1 Materia prima utilizada

- Jaca (*Artocarpus heterophyllus*).
- Aceite de canela
- Aceite de tomillo
- Aceite de limón
- Ácido cítrico y ascórbico

3.1.2 Material utilizado para la prueba sensorial

- Muestras de Jaca con recubrimiento
- Mesa
- Vasos del No. 0 con tapadera
- Tenedores de plástico
- Etiquetas
- Charolas de plástico
- Hojas de evaluación
- Vasos de unicel y plástico
- Popotes
- Lapiceros
- Marcadores permanentes
- Incentivos (dulces)

3.2 Obtención de fruto Jaca (*Artocarpus heterophyllus*).

Selección:

La selección se realiza de forma manual, en el cual se seleccionó que no tuviera daños físicos, orgánicos y mecánicos, color adecuado, grado de madurez adecuado y libre de pesticidas. En la (figura 2) se muestra algunas de las jacas utilizadas en buen estado.



Figura 2. Imagen de la Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) entera.

Lavado:

Una vez elegida la Jaca (*Artocarpus heterophyllus*), se efectuó el lavado en un recipiente con agua y cloro para desinfectar (200 ppm).

Corte:

En esta fase del proceso, se corta por la mitad para poder extra el fruto y posteriormene cortar en porciones que se puedan manipular utilizando cuchillos comunes. En la (figura 3) se muestras el corte de la jaca.



Figura 3. Imagen del corte de la Jaca (*Artocarpus heterophyllus*).

Rebanado:

La Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) se corta en pequeños trozos de 2 cm de ancho aproximadamente, con un cuchillo, en forma manual.

3.3 Preparación de tratamientos

- Solución 1.5 % ácido cítrico más 1.5% de ácido ascórbico
- Solución 3 % aceite de canela
- Solución 3 % aceite de tomillo
- Solución 3 % aceite de limón

3.3.1 Aplicación de los tratamientos

Se aplicaron con una brocha de silicón al fruto que se cortó y se dejó secar en charolas para sus posteriores análisis.

3.4 Determinación del grado de encafecimiento (absorbancia).

Preparación de la muestra para su análisis

- Pesar 2.5 g de la muestra en una balanza OHAUS de 600 g.
- Preparar una solución de agua destilada con etanol al 50%
- Moler la muestra pesada con la solución en el Nutribullet
- Filtrar la solución obtenida en un filtro de cristal con una manta.
- Colocar en una celdilla 2 mL de la solución filtrada
- Leer la absorbancia en un espectrofotómetro a 240 nm.
- Registrar las lecturas a los 5, 10 y 15 minutos.

3.5 Análisis microbiológico de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) cuenta total y hongos y levaduras los días 3 y 10 días de almacenamiento.

Los análisis se realizaron utilizando las técnicas convencionales de cultivo, en la cual se evaluó la carga microbiológica de bacterias mesofílicas aerobias, hongos y levaduras mediante el método de conteo total en placa.

- Se preparó agua peptonada la cantidad necesaria (3 gramos para 600 mL) manteniendo en agitación constante hasta su homogenización.
- Se prepararon los medios de cultivos, la cantidad necesaria de agar (PDA 35.1 g/ 900 ml y ESTANDAR 21.15 g/ 900 mL) disolver hasta ebullición,

tapados con algodón y papel aluminio cada matraz para evitar contaminación (figura 4).



Figura 4. Medios de cultivo.

- Se esterilizaron en la autoclave los medios de cultivo, los tubos y los frascos con agua peptonada y las puntillas (figura 5).



Figura 5. Autoclave.

- Posteriormente se vaciaron los medios de cultivo a las cajas Petri.
- Se homogenizaron 10 g de cada muestra en 90 mL de agua peptonada (dilución 10^{-1}). Se realizaron diluciones decimales consecutiva hasta la concentración de 10^{-5} (figura 6).

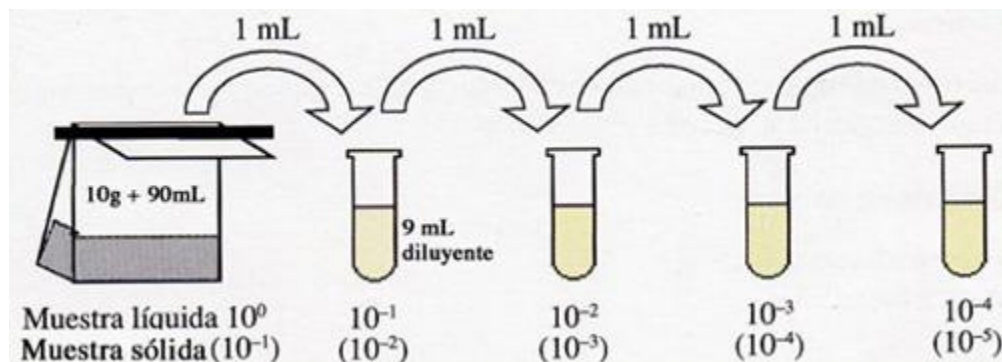


Figura 6. Preparacion de diluciones decimales.

Fuente: <http://fundacion.usal.es/microali>

- Para bacterias mesofílicas aerobias se sembraron por triplicado las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} en agar cuenta estandar, incubando a 37°C durante 48 horas (figura 7), los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/ g).



Figura 7. Incubación de bacterias mesofilas.

- Para hongos y levaduras se realizaron siembras por triplicado de las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} en agar papa dextrosa; se incubaron a 25 °C durante 72 horas (figura 8), los resultados se representan en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).



Figura 8. Incubación de hongos y levaduras.

3.6 Análisis sensorial

Para realizar la evaluación sensorial se estudiaron las siguientes características: aceptación global, color, olor, textura y sabor, empleando una prueba hedónica y jueces semientrenados.

Como primer paso se codificaron las muestras, posteriormente se puso una porción de 2 cm de ancho aproximadamente de cada una de las muestras en vasos del N.º 0 y se colocaron tapaderas, se pusieron en charolas y se llevaron a los cubículos del área de evaluación sensorial, se puso la hoja de evaluación y enseguida se paso a los 31 panelistas semientrenados que evaluarán los siguientes parámetros: aceptación global, color, olor, textura y sabor (Rebollar, 2017).

Se les indicó a las panelistas que evaluarán bajo una escala hedónica de 9 puntos donde "1" extremadamente desagradable y "9" extremadamente agradable (figura 9).



Figura 9. Análisis de evaluación sensorial.

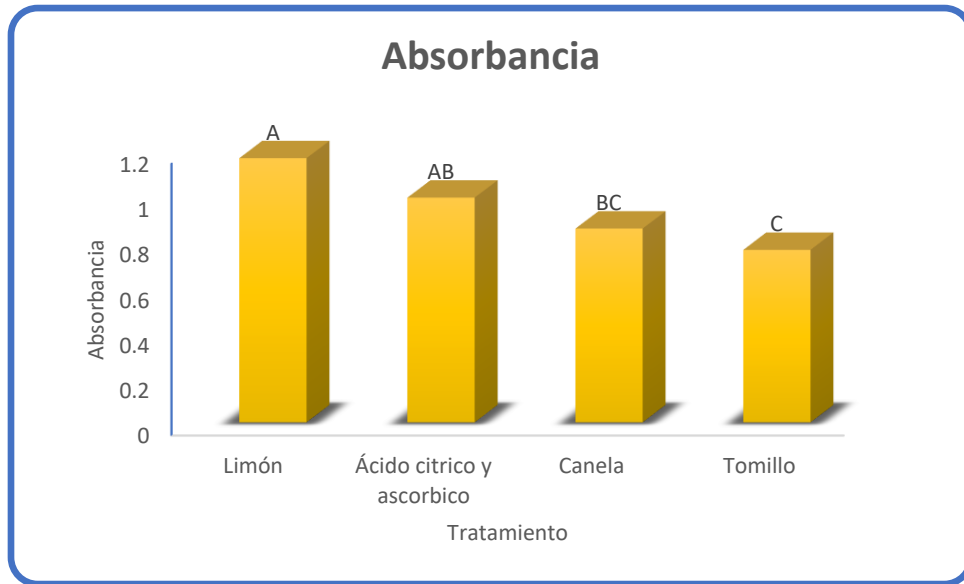
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la etapa experimental fueron sometidos a un análisis de varianza a través de un Diseño Factorial General y a pruebas de medias usando el Método de Tukey en donde se muestra, si existe o no, diferencia significativa ($p \leq 0.05$); con esto se analizaron los siguientes parámetros: absorbancia, crecimiento microbiológico y el análisis sensorial de los 4 tratamientos que se aplicaron a la Jaca.

El software estadístico que se utilizó para realizar los análisis fue Minitab versión 17. Los resultados se muestran en las siguientes figuras.

4.1 Determinación del grado de encafecimiento (absorbancia).

En base al estudio realizado se puede ver en el anexo 1 que si hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) como se observa en la figura 10. El tratamiento que tuvo menos absorbancia fue el tratamiento de Tomillo y la muestras que tuvo más absorbancia fue el tratamiento de Limón.



Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

Figura 10. Comparación en cuanto al grado de absorbancia de los tratamientos aplicados a la Jaca.

El oscurecimiento enzimático es uno de los principales problemas que afectan la calidad y limita la vida útil de frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas.

El aceite esencial de Tomillo tiene capacidad antioxidante debido a que entre sus componentes fenólicos se encuentran el timol y el carvacrol (Pérez, 2008).

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se atribuye a su facilidad para ceder átomos de hidrógeno de un grupo hidroxilo aromático a un radical libre y a la posibilidad de deslocalización de cargas en el sistema de dobles enlaces del anillo aromático (Gallego, 2016).

4.2 Análisis microbiológico

De acuerdo con los resultados obtenidos en el anexo 2 se observa que sí existe diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) como se observa en la figura 11. El tratamiento con mayor capacidad de inhibir el crecimiento microbiológico fue el de Tomillo, el Control tiene mayor crecimiento, y los demás tratamientos se encuentran estadísticamente iguales.

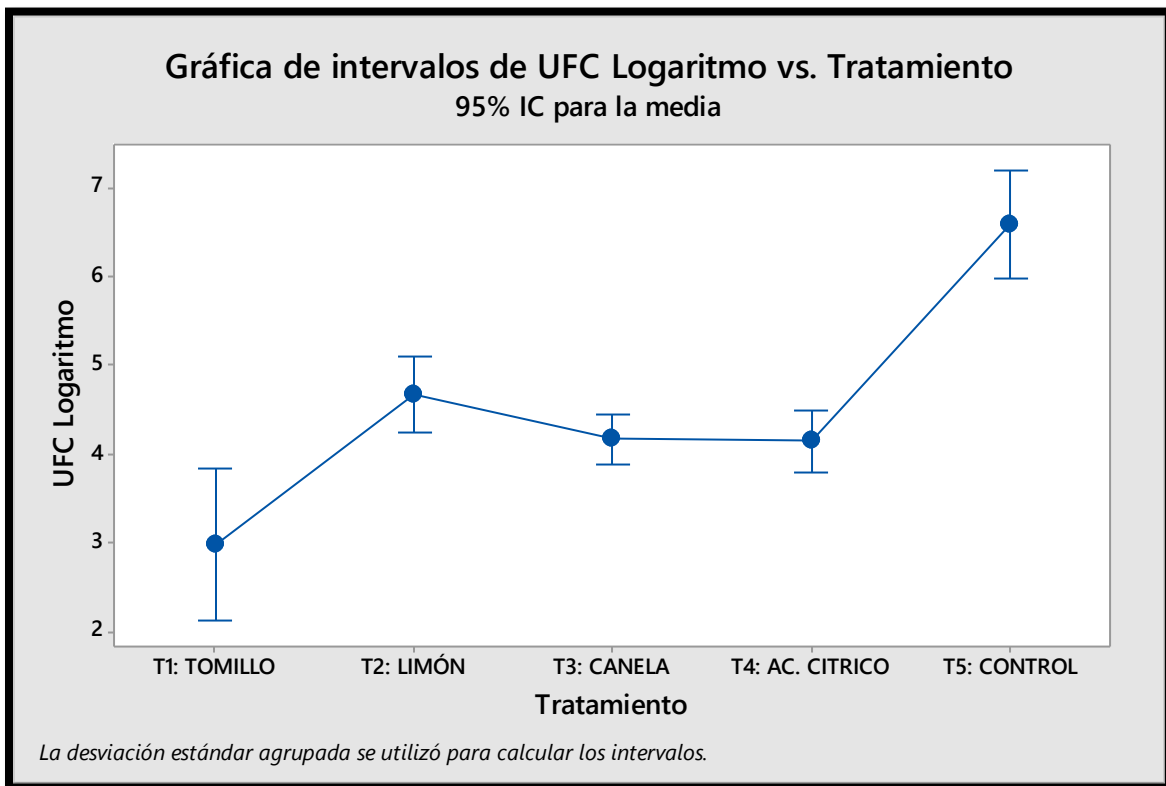


Figura 11. Comparación del crecimiento microbiológico de los tratamientos aplicados a la Jaca.

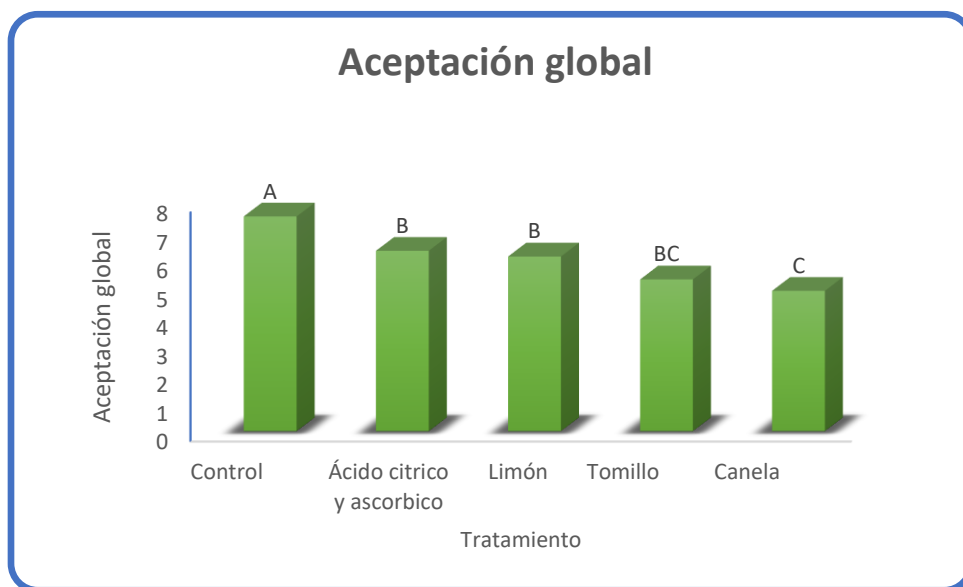
La inocuidad de los alimentos se incrementa y garantiza con el uso de compuestos llamados antimicrobianos, ya que estas sustancias se añaden a los alimentos para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y deteriorativos; sin embargo, la demanda de los consumidores por adquirir compuestos más naturales y sin tantos conservadores químicos ha hecho que aumente la investigación y el uso de agentes antimicrobianos naturales. Dentro de éstos, los más estudiados son los que se encuentran presentes en hierbas y especies, a partir de las cuales se pueden extraer aceites esenciales que poseen actividad antimicrobiana.

El carvacrol y el timol, los cuales están presentes de manera natural en algunas especies como el orégano y el tomillo, presentan actividad antimicrobiana en ciertos microorganismos. Básicamente, su mecanismo de acción consiste en cambiar la permeabilidad de las membranas citoplasmáticas provocando la salida de material intracelular y por consiguiente provocando la muerte de los microorganismos. Estos agentes antimicrobianos son efectivos para inhibir un gran número de microorganismos de interés en alimentos (García y Palou, 2008).

4.3 Análisis sensorial

4.3.1 Aceptación global

De acuerdo a los resultados obtenidos en el anexo 3 se puede observar que sí existe diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) como se observa en la figura 12. El que tiene mayor aceptación es el Control y de menor aceptación es el tratamiento de Canela.



Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

Figura 12. Comparación de la aceptación global de los tratamientos aplicados a la Jaca.

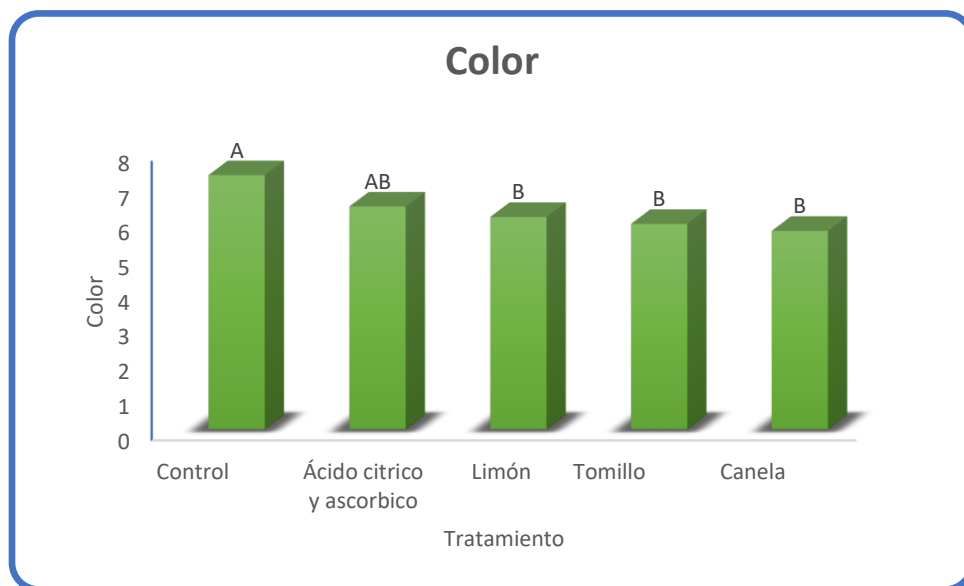
La apariencia de un alimento es la primera clave para su identificación y con frecuencia predice el grado de satisfacción o placer que se tendrá al comerlo. La propiedad sensorial más importante asociada con el sentido de la vista es el color, ya que este puede hacer que un alimento sea aceptado o rechazado de inmediato por el consumidor, sin siquiera haberlos probado (Marina, 2013).

El panel de evaluación sensorial arrojó que les agradó extremadamente el control esto se debe a que este tiene su olor, color, textura y sabor original no tuvo ninguna alteración por ninguno de los tratamientos que se aplicaron. Los demás tratamientos no fueron del

agrado de los panelista ya que los tratamientos constaban de aceites esenciales los cuales su olor y sabor es muy distintivo.

4.3.2 Color

De acuerdo a los resultados obtenidos en el anexo 4 se puede observar que existe diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) como se observa en la figura 13. Debido a que el Control no tiene ningún tratamiento fue el que tuvo más aceptación en cuanto al color y el de menor aceptación fue el tratamiento de Canela.



Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

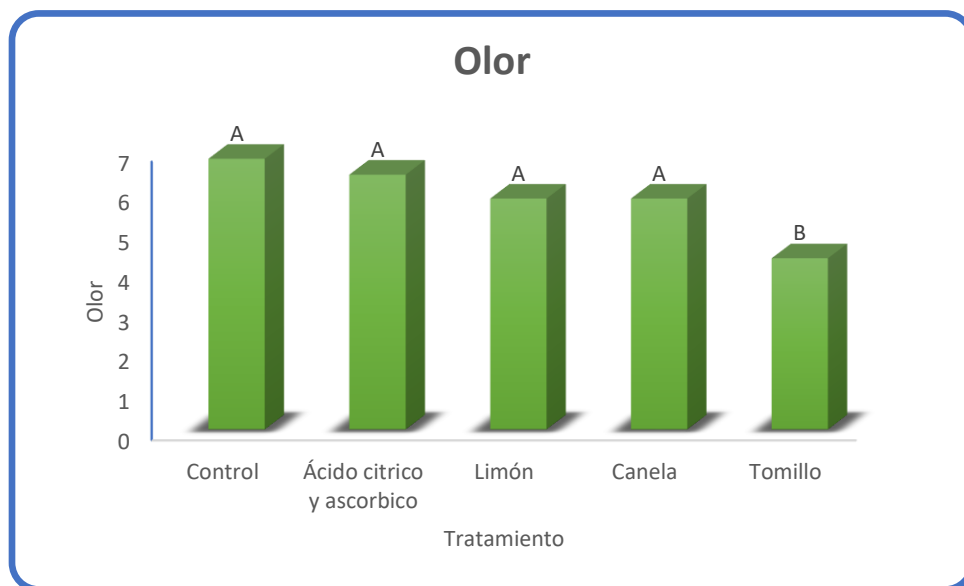
Figura 13. Comparación en cuanto al color de los tratamientos aplicados a la Jaca.

Los bulbos del fruto de la jaca en el estado de madurez comestible presentan una coloración atractiva que varía desde un amarillo claro hasta un anarajado intenso, dependiendo de la variedad de la fruta. Dicha coloración se debe principalmente a la

presencia de carotenoides, por lo que su estabilidad resulta indispensable para mantener una apariencia y calidad deseable en los productos procesados durante su almacenamiento (Ulloa *et al.*, 2007).

4.3.3 Olor

Con base en los resultados obtenidos en anexo 5 se puede observar que sí existe diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) como se observa en la figura 14. El de mayor agrado fue el Control ya que no tiene ningún tratamiento su olor no fue alterado y el que les desagradó más fue el tratamiento de Tomillo.



Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

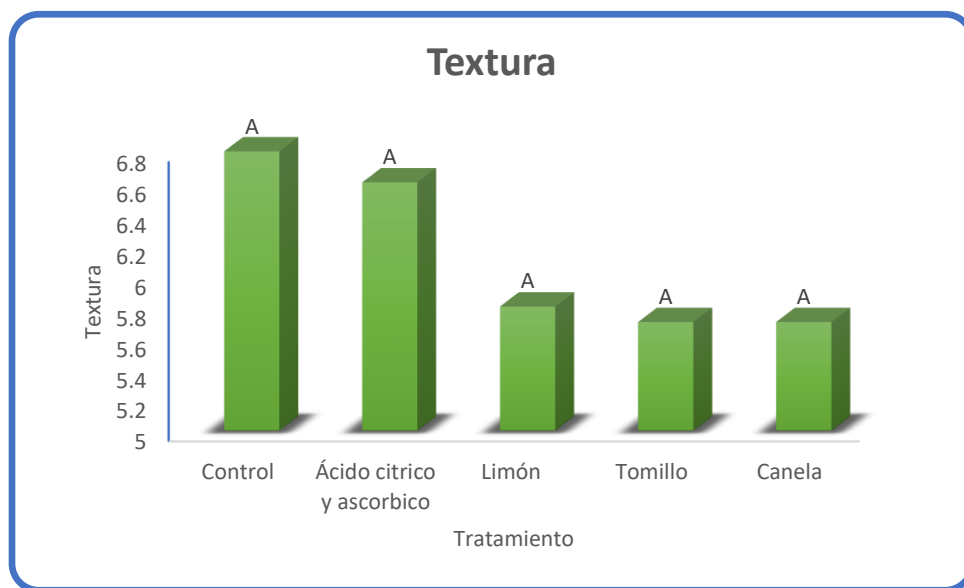
Figura 14. Comparación en cuanto al olor de los tratamientos aplicados a la Jaca.

Cuando madura, sin abrir, la jaca emite un fuerte olor desagradable, parecido al de la cebolla descompuesta, mientras que la pulpa de fruta abierta huele a plátano y piña

(Villalobos, 2017). Debido a estos agradables olores de la pulpa es por lo que el panel prefirió el Control de los demás tratamientos aplicados.

4.3.4 Textura

De acuerdo a lo datos obtenidos en el anexo 6 se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamiento que se aplicaron como se muestra en la figura 15.

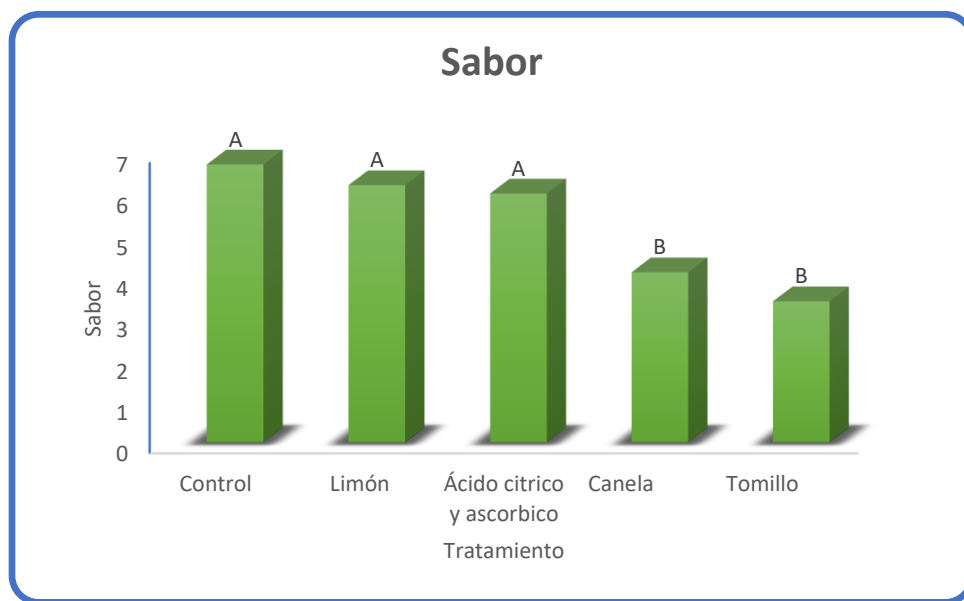


Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

Figura 15. Comportamiento en cuanto a la textura en los tratamientos que se aplicaron a la Jaca.

4.3.5 Sabor

De acuerdo a los datos obtenidos en el anexo 7 se puede observar que sí existe una diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) como se puede observar en la figura 16. El de mayor agrado fue el Control y el de menor agrado fue el de Tomillo.



Los superíndices indican la diferencia entre cada uno de los tratamientos.

Figura 16. Comparación en cuanto al sabor de los tratamientos aplicados a la Jaca.

Este fruto exótico tiene sabor múltiple, puesto que sirve como un recordatorio de varios tipos de frutas, tales como: plátano, piña, mango, melón y papaya (Villalobos, 2017).

Esto hace que tenga más aceptación el control puesto que no se ve alterado su sabor con los tratamientos aplicados.

V. CONCLUSIONES

- ❖ Se logró establecer las condiciones y los pretratamientos a aplicar a la jaca mínimamente procesada. Los pretratamiento aplicados fueron 4: con aceite de Tomillo al 3 %, aceite de Canela al 3 %, aceite de Limón al 3 % y Ácido Cítrico 1.5 % y Ácido Ascórbico 1.5 %.
- ❖ Se evaluaron las propiedades de calidad de la jaca mínimamente procesada en los días 3 y 10 durante el almacenamiento a 5-7 °C. Análisis de grado de encafecimiento (absorbancia) y análisis microbiológico en donde se pudo observar que sí existe una diferencia significativa el tratamiato con mejor actividad antioxidante y antimicrobiana es el de Tomillo.
- ❖ En la evaluación sensorial se pudo notar que no existe diferencia significativa en el parámetro de textura. Sin embargo, en los parámetros de aceptación global, color, olor y sabor se observó mayor diferencia significativa.

RECOMENDACIONES

- Probar otros aceites esenciales que su sabor y aroma no sea tan fuerte como los que se utilizaron.
- Modificar el porcentaje de aceites esenciales que se utilizaron en los tratamientos, ya que el que se utilizó fue relativamente alto puesto que esto tuvo gran influencia en la evaluación sensorial puesto que para algunos de los panelista fue un poco desagradable dicha evaluación.

LITERATURA CITADA

Biswas, M. M.; Hossain A. K. 1984. Successful methods of vegetative propagation of jack fruit. Bangladesh. 145-146.

Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food. A review. International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Canillac, N.; Mourey, A. 2001. Antibacterial activity of the essential oil of *Picea excels* on *Listeria*, *Staphylococcus aureus* and coliform bacteria. 2001. Food Microbiology 18: 261-268.

Carson, C.; Cookson, B.; Farrelly, H.; Riley, T. 1995. Susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 35: 421-424.

Consentino, S.; Tuberoso, G.; Pisano, B.; Satta, M.; Mascia, V.; Arzedi, E.; Palmas F. 1999. *In vitro* antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus essential* oils. Letters in Applied Microbiology. 29: 130-135.

Cordero-Bues Gustavo. 2013. Aplicación del Análisis Sensorial de los Alimentos en la Cocina y en la Industria Alimentaria.(ed). Universidad Pablo de Olavide. Sevilla.

Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce (COFUPRO). 2013. El frutal jaquero. 22 p.

Crane J.H., Balerdi C.F. 2000. La jaca en Florida. Departamento de Ciencias Hortícolas, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). Documento HS1038. 9 p.

Delaquis, P.; Stanich, K.; Girad, B.; Mazza, G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander, and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*. 74: 101-109.

Denoya, G.I.; Ardanaz, M.; Sancho, A. M.; Benítez, C. E.; Gonzáles, C.; Guidi, S. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combianos de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. CONICET. [En línea] <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v38n3/v38n3a10.pdf>

Espina, L.; Somolinos, M.; Lorán, S.; Conchello, P.; García, D.; Pagán, R. 2011. Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation on their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*. 22: 896-902.

Espinosa Manfugás Julia.2007.Evaluación Sensorial de los Alimentos. Edición:

Dr. C Raúl G. Torrucella Morales. Universidad de la Habana. Editorial Universitaria. [En línea] <https://es.scribd.com/document/356495485/LIBRO-ANALISIS-SENSORIAL-1-MANFUGAS-pdf>

Fumiere-Lemos, M.; Fumiere-Lemos, M.; Poltronieri-Pacheco, H.; Guimarães, A. C.; Fronza, M.; Coutinho-Endringer, D.; Scherer, R. 2017. Seasonal variation affects the composition and antibacterial and antioxidant activities of *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products* 95: 543–548.

García G., R.M.; Palou G., E., A. 2008. Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 2: 41-51.

Gallego Iradi María Gabriela. 2016. Estudio de la actividad antioxidante de diversas plantas aromáticas y/o comestibles. Tesis doctorado. Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Química.

Gómez S., A. I.; López M., A. 2009. Potencial antimicrobiano de los aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 3: 33-45.

Hernández Alarcón Elizabeth. 2005. Evaluación Sensorial. Primera edición. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá.

Landero-Valenzuela, N.; Lara-Viveros, F. M.; Aguado-Rodríguez, G. J.; Andrade-Hoyos P.; Encarnación-Apolonio, D.; Pérez-Rivera, Y. 2016. Aceite esencial de *Cynnamomum zeylanicum*: alternativa de control para *Penicillium expansum* sobre pera en poscosecha. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7: 1017-1028.

Love K., Paull E.R. 2011. Jackfruit. Fruits and Nuts. College of tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. F-N-19.

Luna-Esquivel G.; Alejo-Santiago G.; Ramírez-Guerrero L. G.; Arévalo-Galarza M. Lourdes C. 2013. La Yaca. Un fruto de exportación. Agroproductividad. 6: 65-70.

Marina Asensio Claudia. 2013. Utilización de aceites esenciales de variedades de oreganos como conservante antimicrobiano, antioxidante y de las propiedades sensoriales de los alimentos: queso cottage, ricota y aceite de oliva. Tesis doctorado. Univesisdad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Nezhadali, A.; Nabavi, M.; Rajabian, M.; Akbarpour, M.; Pourali, P.; Amini, F. 2014. Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 3: 87-92.

Pérez, P. EP; López, M., A. 2011. Tecnologías involucradas en el prosamienrto de frutas y hortalizas. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.5: 13-27.

Pérez Tortoza, V. 2008. Proyecto de investigación de los antioxidantes del tomillo. Escuela Técnica Superios de Ingeniería Agronómica. [En línea]
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/159/proyecto%20del%20tomil?sequence=2>

Picallo Alejandra. 2009. Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. En: encrucijadas, N° 46. Universidad de Buenos Aires.[En línea]
http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruci/index/assoc/HWA_257.dir/257.PDF

Pushkumara D.K.N.G. 2006. Floral and fruit morfology and phenology of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moracea). Sri Lanka Journal Agriculture Science 43:82-106.

Rebollar Estrada Teresa. 2017. Características fisicoquímicas y sensoriales de yogurt natural elaborado artesanalmente. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencia Animal, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Rosas G., A.; López M., A. 2011. Actividad microbiana de aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*). Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 5: 41-50.

Romero-Reyes J.L.; Velázquez-Juárez J.; Vela-Gutiérrez G.; Domínguez-Espinosa M.A.; Uscanga-Martínez A.; Roblero-López J.; Morales-Ovando M.A. 2017. Efecto del secado convencional y la liofilización sobre el color de la fruta de Jaca (*Artocarpus heterophyllus lam.*). Aportaciones a las Ciencias Alimentarias.

Rodríguez Saucedo Elvia Nereyda. 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. Artículo científico en Ra Ximhai. 7:153-170.

Shrinath-Baliga, M.; Ramachandrayya-Shivashankara, A.; Haniadka, R.; Dsouza, J.; Bhat P. H. 2011. 2011. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A review. Food Research International 44: 1800–1811.

SIAP, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 10 de julio de 2017.

Tohidi, B.; Rahimmalek, M.; Arzani, A. 2017. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. Food Chemistry 220: 153–161.

Ulloa, J.A.; Rosas-Ulloa, P.; Flores, J.R.; Ulloa-Rangel, B.E.; Escalona, H. 2007. Comportamiento del color en bulbos del fruto de la Jaca (*Artocarpus heterophyllus*) auto estabilizados en frascos de vidrio por la tecnología de obstáculos. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 5: 372-378.

Villalobos Barbosa Mayte Carolina. 2017. Jaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) fruta exótica en Nayarit. Enciclopedia Centenario de Nayarit. Tomo 83. [En línea] <http://www.encyclopediacentenariodenayarit.com/lib/ECN083.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Estadístico de absorbancia

ANOVA					
Fuente	GL SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	2.5053	0.83509	10.54	0.000
Tiempo	2	0.1284	0.06421	0.81	0.448
Tratamiento*Tiempo	6	0.7510	0.12516	1.58	0.161
Error	96	7.6047	0.07922		
Total	107	10.9894			

Tukey			
Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2. Limón	27	1.16630	A
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	27	0.99215	A B
T3. Canela	27	0.85556	B C
T1. Tomillo	27	0.76170	C

Anexo 2. Estadístico microbiológico

ANOVA					
Fuente	GL SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	12.656	3.1640	19.25	0.000
Error	17	2.794	0.1644		
Total	21	15.450			

Tukey			
Tratamiento	N	Media	Agrupación
T5. Control	2	6.58769	A
T2. Limón	4	4.69011	B
T3. Canela	9	4.17448	B C
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	6	4.15872	B C
T1. Tomillo	1	3.00000	C

Anexo 3. Estadístico de aceptación global

ANOVA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	127.96	31.99	12.53	0.000
Error	150	383.03	2.55		
Total	154	510.99			

Tukey				
Tratamiento	N	Media	Agrupación	
T5. Control	31	7.5	A	
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	31	6.3	B	
T2. Limón	31	6.1	B	
T1. Tomillo	31	5.3	B	C
T3. Canela	31	4.9	C	

Anexo 4. Estadístico de color

ANOVA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	48.22	12.05	5.92	0.000
Error	150	305.29	2.04		
Total	154	353.51			

Tukey				
Tratamiento	N	Media	Agrupación	
T 5. Control	31	7.3	A	
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	31	6.4	A	B
T2. Limón	31	6.1	B	
T1. Tomillo	31	5.9	B	
T3. Canela	31	5.7	B	

Anexo 5. Estadístico de olor

ANOVA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	115.83	28.96	8.31	0.000
Error	150	522.97	3.49		
Total	154	638.80			

Tukey			
Tratamiento	N	Media	Agrupación
T5. Control	31	6.8	A
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	31	6.4	A
T2. Limón	31	5.8	A
T3. Canela	31	5.8	A
T1. Tomillo	31	4.3	B

Anexo 6. Estadístico de textura

ANOVA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	33.33	8.33	2.60	0.038
Error	150	480.26	3.20		
Total	154	513.59			

Tukey			
Tratamiento	N	Media	Agrupación
T5. Control	31	6.8	A
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	31	6.6	A
T2. Limón	31	5.8	A
T1. Tomillo	31	5.7	A
T3. Canela	31	5.7	A

Anexo 7. Estadístico de sabor

ANOVA					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	4	257.60	64.40	19.47	0.000
Error	149	492.94	3.31		
Total	153	750.55			

Tukey			
Tratamiento	N	Media	Agrupación
T5. Control	31	6.7	A
T2. Limón	31	6.2	A
T4. Ac. Cítrico y Ascórbico	31	6.0	A
T3. Canela	31	4.1	B
T1. Tomillo	31	3.4	B